

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-134385

(43)Date of publication of application : 28.05.1993

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 03-294331

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 11.11.1991

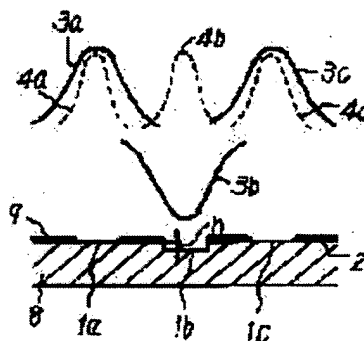
(72)Inventor : NAGATA HIROSHI
MURAKAMI KATSUHIKO
NAKAMURA HIROSHI

(54) REFLECTION MASK

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance resolution limit of a projecting image even when using the same wave length of light and the same projection mirror as in the past in a reflection mask projected by reflection light.

CONSTITUTION: In a reflection mask 9 which has a prescribed pattern formed by a reflection part 1 and a non-reflection part 2 and is projected by reflection light, a phase shifting means 1b by which phase difference is generated among reflection light from both sides of reflection part facing with the non-reflection part between is provided.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.04.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-134385

(43)公開日 平成5年(1993)5月28日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08		A 7369-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 0 1 P
		7352-4M		3 1 1 W

審査請求 未請求 請求項の数6(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平3-294331

(22)出願日 平成3年(1991)11月11日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 永田 浩

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(72)発明者 村上 勝彦

東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(72)発明者 中村 浩

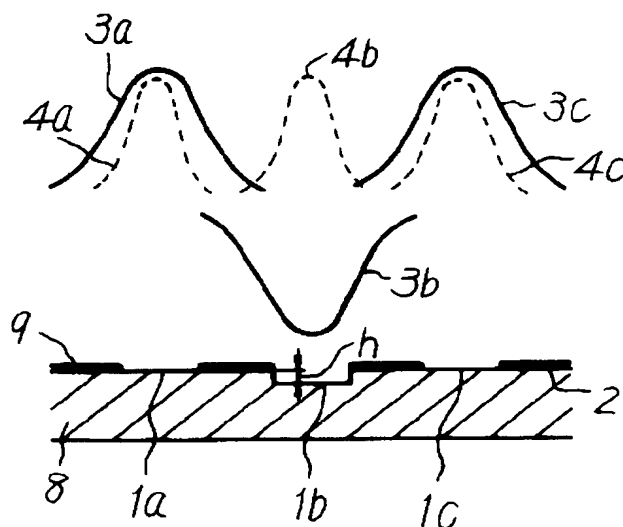
東京都品川区西大井1丁目6番3号 株式会社ニコン大井製作所内

(54)【発明の名称】 反射マスク

(57)【要約】

【目的】 反射照明によって投影される反射マスクにおいて、従来と同一波長の光および同一の投影ミラーを用いたままでも、投影像の解像限界が高くなるようにする。

【構成】 反射部1と非反射部2とで形成された所定のパターンを有し、反射照明によって投影される反射マスク9において、前記非反射部をはさむ両側の反射部から反射した反射光の間に位相差を生じさせる位相シフト手段1bを設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 反射部と非反射部とで形成された所定のパターンを有し、反射照明によって投影される反射マスクにおいて、前記非反射部をはさむ両側の反射部から反射した反射光の間に位相差を生じさせる位相シフト手段を設けたことを特徴とする反射マスク。

【請求項 2】 前記パターンが基板上に形成されるときも、前記非反射部をはさむ両側の反射部の一方を、他方に対し段差をつけて形成させることで前記位相シフト手段を構成することを特徴とする請求項 1 記載の反射マスク。

【請求項 3】 前記段差が、前記基板上に設けられていることを特徴とする請求項 2 記載の反射マスク。

【請求項 4】 前記パターンの反射部が、前記段差を設けた基板上に形成された多層膜からなることを特徴とする請求項 3 記載の反射マスク。

【請求項 5】 前記段差が、前記基板上に形成された多層膜の総厚を変えることで形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の反射マスク。

【請求項 6】 前記段差が、前記基板上に形成された多層膜の表面層を変質させることで形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の反射マスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光学的な像の再生、特に紫外線および軟 X 線領域の反射照明により照明される反射マスクに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、フォトリソグラフィ等に用いられるマスクには、照明光の反射部と非反射部からなる所定のパターンが形成されていた。そして、このパターンをミラー光学系によって感光膜面上に投影していた。（例えば、J. Vac. Sci. Technol. B7(1989) p1648）。

【0003】 ところで、このような被投影型の反射マスク（以下、反射マスクと略す）に設けられたパターンをミラーによって投影する場合には、回折現象のために投影された再生像には解像限界があることが知られている。この場合、理想的な限界値としてのカットオフ周波数は、投影ミラーの開口数を NA 、使用する照明光の波長を λ とすると、インコヒーレント照明では $2NA/\lambda$ （本/mm）、またコヒーレント照明では NA/λ （本/mm）となる。従って、ある波長を有する照明光に対する解像を高めるには、投影ミラーの開口数 NA を大きくする必要がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、一般にミラー光学系はレンズ光学系より収差が大きく、開口数をある値以上に大きくすると収差による像の歪みが回折による解像限界を越えてしまう。そのため、所望の解像度

を得るためにミラー系の開口数を大きくしようとしても、その大きさには制限があった。

【0005】 図 7 は、従来の反射マスクの概略断面と、この反射マスクによる投影像の光の振幅分布の状態を示す図である。図に示すように、基板 8 上に反射部 1 と非反射部 2 とが交互に並んだ、従来の一般的な反射マスク 9 の投影像においては、反射部 1 からの光が回折現象によって非反射部 2 の投影部分まで広がっている。そのため、分解できる反射部 1 の間隔 Δ に限界が生じる。

【0006】 本発明の目的は、上記問題点を解決するために、従来と同一波長の光および同一の投影ミラーを用いたままでも、解像限界を従来以上に高めることが可能な反射マスクを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的のために本発明では、反射部と非反射部とで形成された所定のパターンを有し、反射照明によって投影される反射マスクにおいて、前記非反射部をはさむ両側の反射部から反射した反射光の間に位相差を生じさせる位相シフト手段を設けた。

【0008】

【作用】 前述のような隣合う反射部からの光の相互作用は、照明光がインコヒーレントの場合は光の強度の重ね合わせとなるのに対し、コヒーレントの場合は光の振幅の重ね合わせとなる。そして、光の強度は振幅の二乗で与えられるので、振幅の歪みの方が強度の歪みより大きくなっている。そのため、一般にはコヒーレント照明の方が解像限界は低下する。

【0009】 しかしながら、コヒーレント照明であっても、隣合う反射部からの光に位相差がある場合には、投影像の解像を高めることが可能である。図 8 は、2 つの点光源が、レーリー (Rayleigh) の解像限界の距離にある場合の投影像での光の強度分布を示す図である。図中、強度分布 a は前記各光源がインコヒーレントな場合、強度分布 b は各光源がコヒーレントで位相が一致している場合、強度分布 c は各光源がコヒーレントで位相が 180° ずれている場合を示す。このように、通常は解像限界が下がるコヒーレント照明であっても、位相が 180° ずれていればインコヒーレント照明の場合よりはるかに良く解像することがわかる。

【0010】 本発明はこのように、位相が 180° ずれたコヒーレント照明の場合に解像が高まることに着目し、非反射部を介して隣接する反射部（前記点光源に相当する）の間で位相をシフトさせる（ずらす）位相シフト手段を設けることで解像を高めるようにした。つまり、本発明による反射マスクは、反射部と非反射部とで形成された所定のパターンを有し、コヒーレントな反射照明によって用いられるものであって、非反射部をはさむ両側の反射部の少なくとも一方に位相シフト手段を設け、これら両側の反射部からの光に位相差が生じる構成とした

ものである。

【0011】以下、本発明を実施例に基づいて説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0012】

【実施例1】図1は、本発明の第1の実施例の反射マスクの概略断面図である。なお、図1には、このマスクにコヒーレント照明を垂直入射させた時の投影像の振幅分布と強度分布を併せて示してある。反射マスク9は、基板8上に反射部1として金属膜あるいは反射増加膜を、また非反射部2として反射防止膜をそれぞれコートすることで作成した。そして、この反射部1と非反射部2とで所定のパターンを形成している。

【0013】反射マスクの作成に際しては、基板8上にパターンを形成する前に、反射部において位相をシフトさせる位置（図では1aと1cの間の1bの位置）にエッチング等の方法を用いて基板8に段差を設け、これを位相シフト手段としてある。この段差の量hは、使用する照明光の波長を λ とすると、 $h = \lambda / 4$ となるようにした。

【0014】つまり、図1においては、1aと1cが基準の位相を与える反射部、1bが 180° の位相差を与える反射部を構成している。本実施例の反射マスクにおける投影像においては、図中の3つの反射部1a、1b、1cのうち、前記基準の位相を与える反射部1a、1cからの像の振幅分布3a、3cは従来と同様になる。しかし、段差部に形成された 180° の位相差を与える反射部1bの像は、3bのように段差により振幅が反転する。その結果、非反射部に達する光は互いに打ち消されて光強度がほぼ0となり、投影像の解像限界が向上する。

【0015】このような反射マスクは、紫外線領域のエキシマレーザを光源とする照明光を用いる場合に特に効果がある。なお、本実施例では、反射部1bが1a、1cより低くなるように段差を形成しているが、逆に反射部1bが高くなるように形成してもよい。

【0016】

【実施例2】図2は、本発明の第2の実施例の反射マスクの概略断面図である。本実施例の反射マスク9は、軟X線領域（約2～100nm）で使われるX線反射マスクとして使用されるものである。反射マスク9は、基板8上に所定のパターン形状に合わせて反射部1となる多層膜5を形成してある。反射マスク9の作成に際しては、実施例1と同様、基板8の所望の位置（図では反射部1b）にエッチング等の方法により、 $h = \lambda / 4$ の段差を設けておく。そして、その後で各反射部（図中1aないし1c）に多層膜5を形成した。多層膜5は、段差の有無に関係なく各反射部でそれぞれ同じ層数だけ形成させればよい。

【0017】ところで、軟X線領域では通常の物質の反射率はきわめて小さく、ほとんどの光が吸収されるの

で、非反射部2としては特に加工を行なう必要はない。例えば、多層膜を形成する前にマスクキングしておいてもよいし、該多層膜が形成された後でエッチング等で不要部分を除去してもよい。本実施例では、基板8自体で非反射部2を形成し、この非反射部2と反射部1とで所定のパターンを形成してある。

【0018】本実施例の反射マスクにおける投影像においては、実施例1と同様、図中1aないし1cの反射部のうち、両外側の反射部1a、1cからの像の振幅分布は従来と同様になる。しかし、段差部に形成された反射部1bの像は、 $\lambda / 4$ の段差により振幅が反転する。その結果、非反射部に達する光は互いに打ち消されて光強度がほぼ0となり、投影像の解像限界が向上する。

【0019】なお、多層膜としては、モリブデン／シリコンやタングステン／炭素の組み合わせ等が使用できる。例えば、波長13nmのX線を照明する場合には、モリブデンとシリコンの膜を50ペア積層したものが使用できる。

【0020】

【実施例3】図3は、本発明の第3の実施例を示す概略断面図である。本実施例の反射マスク9は、実施例2と同様、軟X線領域で使用されるものである。本実施例の反射マスク9は、基板8上に形成された多層膜5自体が反射部1に、多層膜5上に形成された光吸収部材6が非反射部2になっている。そして、これら反射部1と非反射部2とで所定のパターンを形成している。

【0021】マスク9の作成に際しては、実施例2と同様、基板8の所望の位置（図では反射部1b）にエッチング等の方法により、 $h = \lambda / 4$ の段差を設けておく。そして、その後で、多層膜5を基板8上に形成した。多層膜5は、段差の有無に関係なく同じ層数だけ形成させればよい。また、光吸収部材6としては、光の波長に応じて吸収係数の大きな物質を選択すればよいが、照明光を垂直入射させて使用する場合は、多層膜を構成する2つの物質のうち、重い方の元素を用いることができる。

【0022】本実施例の反射マスクにおける投影像においては、実施例1と同様、反射部1a、1cからの像の振幅分布は従来と同様になる。しかし、段差部に形成された反射部1bの像は、 $\lambda / 4$ の段差により振幅が反転する。その結果、非反射部に達する光は互いに打ち消されて光強度がほぼ0となり、投影像の解像限界が向上する。

【0023】なお、非反射部は、多層膜の構造を破壊して形成させてもよい。多層膜の構造を破壊するには、該膜にイオンビームを照射する等の方法がある。

【0024】

【実施例4】図4は、本発明の第4の実施例の反射マスクの概略断面図である。本実施例の反射マスク9は、基板8に段差を設ける代わりに、該基板上に形成された反射部1となる多層膜5の総厚を変えることで $\lambda / 4$ の段

差を形成させたものである。このマスク 9 は実施例 3 のマスクと同様、基板 8 上に形成された多層膜 5 自体が反射部 1 に、多層膜 5 上に形成された光吸収部材 6 が非反射部 2 になっている。そして、これら反射部 1 と非反射部 2 とで所定のパターンを形成している。

【0025】マスク 9 の作成に際しては、所定の（例えば、図中の反射部 1 a、1 c に相当する）厚さの多層膜 5 を基板 8 上に形成し、ついで所望の位置（図中、反射部 1 b）の多層膜を成膜あるいはエッチングすることで、 $\lambda/4$ の段差を設けた。本実施例の反射マスクにお
ける投影像においては、実施例 1 と同様、反射部 1 a、1 c からの像の振幅分布は従来と同様になる。しかし、段差部にある反射部 1 b の像は、 $\lambda/4$ の段差により振
幅が反転する。その結果、非反射部に達する光は互いに打ち消されて光強度がほぼ 0 となり、投影像の解像限界
が向上する。

【0026】なお、成膜により段差を設ける場合には、成膜する物質は多層膜を構成する物質とは別のものでも構わない。また、非反射部は、多層膜の構造を破壊して形成させても良い。多層膜の構造を破壊するには、該膜
にイオンビームを照射する等の方法がある。ところで、多層膜の膜厚と光の波長との関係は、結晶による回折と同様にブラッグの式で与えられる。つまり、多層膜の 1
ペア層の厚さを d 、照明光の波長を λ 、光の入射角を α とすると、ほぼ $2d \cdot \cos \alpha = \lambda$ となる。

【0027】照明光を垂直入射させて使用する場合は、 $\alpha = 0^\circ$ となるから、本実施例においては $\lambda/4$ の段差と $d/2$ とが等しくなればよい。すなわち、 180° の位相差を生じさせるためには、1 ペア層の $1/2$ だけ多層膜の総厚を変化させればよい。一般に、多層膜では 2 つの物質を同じ程度の膜厚で交互に積層することが多いので、例えば 1 つの物質をそれまでと同じ程度の厚さだけ付加すれば、前記総厚の変化分を得ることが可能である。より厳密には、多層膜の最表面（照明光の入射面）の物質が反射部 1 a、1 c と 1 b とが同じか否かで、両者の位相差や反射率に僅かに差が生じるが、この差は成膜する厚さを変えることで調整できる。

【0028】

【実施例 5】図 5 は、本発明の第 5 の実施例の反射マスクの概略断面図である。本実施例では、基板 8 に段差を設ける代わりに、多層膜の最表面層を酸化させる等の方法により該層を変質させて $\lambda/4$ の段差のある反射部を構成してある。このマスク 9 は実施例 3 のマスクと同様、基板 8 上に形成された多層膜 5 自体が反射部 1 を、多層膜 5 上に形成された光吸収部材 6 が非反射部 2 を構成している。そして、これら反射部 1 と非反射部 2 とで所定のパターンを形成している。

【0029】マスク 9 の作成に際しては、所定の（例えば、図中の反射部 1 a、1 c に相当する）厚さの多層膜 5 を基板 8 上に形成し、ついで所望の位置（図中、反射

部 1 b）に、例えば陽極酸化等の方法により $\lambda/4$ の段差となるように酸化膜（変質膜）7 を形成した。非反射部 2 は、多層膜 5 上に光吸収部材 6 をコートして形成した。この場合、非反射部は、多層膜の構造を破壊して形成させても良い。多層膜の構造を破壊するには、該膜にイオンビームを照射する等の方法がある。

【0030】本実施例の反射マスクにおける投影像においては、実施例 1 と同様、反射部 1 a、1 c からの像の振幅分布は従来と同様になる。しかし、変質膜 7 にある反射部 1 b の像は、 $\lambda/4$ の段差により振幅が反転する。その結果、非反射部に達する光は互いに打ち消されて光強度がほぼ 0 となり、投影像の解像限界が向上する。

【0031】変質膜の形成で変化させる膜の厚さは、実施例 4 と同様、多層膜 1 ペア層の厚さ d の $1/2$ である。多層膜の最表面層を変質させるだけではこの厚さが得られない場合は、数層にわたって変質させてもよい。より厳密には、多層膜の最表面の物質が反射部 1 a と 1 b とで異なるため位相差や反射率に僅かに差が生じるが、この差は変質させる厚さを変えることで調整できる。

【0032】ところで、実施例 1 ないし実施例 5 においては、位相シフト手段として垂直入射の光に対して位相差が 180° となるように、使用する照明光の波長を λ とし $\lambda/4$ に相当する段差 h を設けた。しかし、より一般には、光の入射角を α として、 $\lambda/(4 \cos \alpha)$ に相当する段差を設ければよい。

【0033】軟 X 線のように入射光と反射光を分離する適当なビームスプリッタがない波長領域では、入射光を僅かに傾けることで、これら入射光と反射光とを分離する。そして、光の入射角に合わせて段差の量を変えればよい。なお、この段差を多層膜あるいは別の膜で成膜する場合は、前述のようにブラッグの式を考慮して、その厚さ（段差に相当）を $d/2$ とすればよい。

【0034】また、本発明の反射マスクは、1 次元に限らず 2 次元パターンを有するものでもよい。さらに、位相差は 180° に限るものではない。例えば、位相が 90° ずれた 2 つの点光源の像はインコヒーレントの場合と同じ解像になり、位相差のないコヒーレントな解像より分解能が高くなる。

【0035】

【実施例 6】図 6 は、本発明の第 6 の実施例の反射マスクを示す概略平面図である。3 つの反射部 1 a、1 b、1 d は、非反射部 2 と共に 2 次元のパターンを形成している。本実施例では、反射部 1 a を基準として、反射部 1 b には $\lambda/4$ の段差を、反射部 1 d には $\lambda/8$ の段差を設けてある。この時、3 つの反射部 1 a、1 d、1 b が並列する区域では、隣接する反射部間での位相差はそれぞれ 90° となる。また、反射部 1 a、1 b が隣接する区域では位相差が 180° となる。従って、パターンのほ

ば全域にわたって解像を高めることができる。

【0036】このように、位相差の設定に際しては、反射マスクのパターンに応じて適切に選択することが好ましい。なお、本実施例で設けた位相差 $\lambda/4$ および $\lambda/8$ の段差は、前述の実施例1ないし実施例5で示したいずれの方法においても形成することができる。

【0037】

【発明の効果】以上のように、本発明の反射マスクを用いれば、従来と同一の投影ミラーおよび同一波長の照明光を用いたまま、投影像の解像限界を格段に高めることができる。特に、IC製造装置等による微細パターンの焼き付け等において、パターンの間隔が解像限界に近い場合には極めて有効である。

【0038】また、投影装置の機械的な制約等により投影ミラー系を大きくすることができない場合、収差補正上の問題からミラー系の開口数を大きくすることは困難であるが、本発明の反射マスクを使用することで投影ミラーによる解像限界以上に高い解像を得ることが可能となる。さらに、本発明は反射マスク上の焼き付けされるパターン面だけでなくアライメントマーク等にも用いることができ、位置合わせの精度をより向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】は、本発明の第1の実施例の反射マスクの概略断面と、この反射マスクをコヒーレント照明によって投影した像の振幅分布および強度分布と、を示す図である。

【図2】は、第2の実施例の反射マスクの概略断面図で

ある。

【図3】は、第3の実施例の反射マスクの概略断面図である。

【図4】は、第4の実施例の反射マスクの概略断面図である。

【図5】は、第5の実施例の反射マスクの概略断面図である。

【図6】は、第6の実施例の2次元パターンを有する反射マスクの概略平面図である。

【図7】は、従来の反射マスクの断面およびこの反射マスクの投影像の振幅分布を示す図である。

【図8】は、2つの点光源がレーリーの解像限界の距離にある場合の強度分布を示す図である。

【主要部分の符号の説明】

1 反射部

1 a 基準の位相を与える反射部

1 b 180° の位相差を与える反射部（位相シフト手段）

1 c 基準の位相を与える反射部

1 d 90° の位相差を与える反射部（位相シフト手段）

2 非反射部

3 投影像の振幅分布

4 投影像の強度分布

5 多層膜

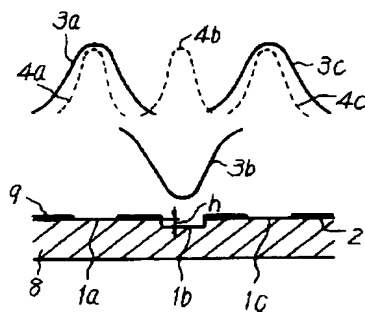
6 光吸収部材

7 酸化膜

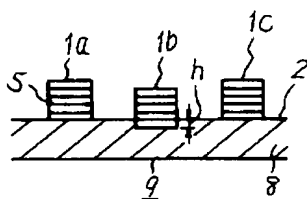
8 基板

9 反射マスク

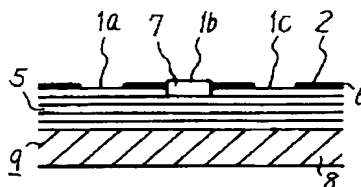
【図1】



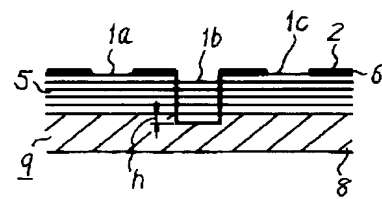
【図2】



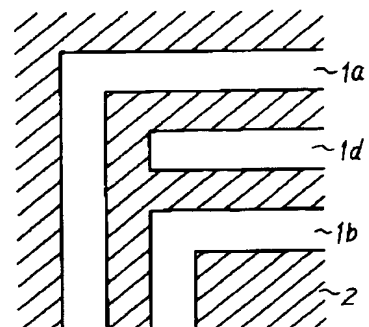
【図5】



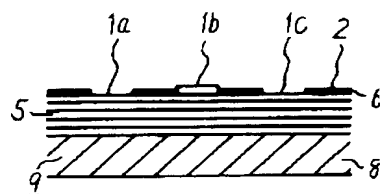
【図3】



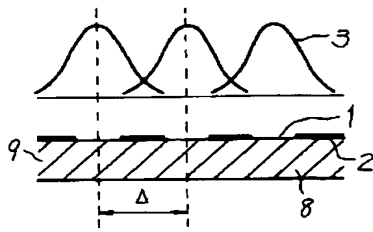
【図6】



【図4】



【図 7】



【図 8】

